

**MANEJO DE ESCENARIOS A LA HORA DE CALCULAR EL
CAPITAL DE RIESGO OPERACIONAL, APLICANDO
INTELIGENCIA BORROSA.**

SANDRA LILIANA TOBÓN OSORIO.

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería de Sistemas y
Computación.**

Dra. Isis Bonet Cruz



**UNIVERSIDAD EIA
INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
ENVIGADO
2018**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Dedico estas páginas a Björn Verduijn y Margarita Salazar, su apoyo en este último semestre hizo posible este trabajo de grado

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

AGRADECIMIENTOS

Para culminar este trabajo de grado, he contado con el apoyo de muchas personas, como:

Mis profesores de la facultad de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad EIA, los cuales me brindaron las herramientas necesarias para poder tener las bases para realizar este trabajo de grado, en especial a la profesora Isis Bonet que fue mi directora de tesis y docente en una gran cantidad de materias relacionadas con los temas que se abordan en éste, y a John Edgar Congote el cual fue mi profesor en gran cantidad de materias y que me enseñó que la vida es va más allá de los títulos universitarios que una persona tenga,

Mis padres Lilia Osorio y Oscar Tobón por todo el apoyo económico y moral durante estos 5 años de carrera.

A Margarita Salazar que me brindó la asistencia económica para poder pagar el último semestre de mi carrera, en el cual realice mi tesis.

Y especialmente a Björn Verduijn el cual no solo me obligó a sentarme a terminar mi trabajo de grado, si no que me ayudo más de una vez a analizar los errores que tenía. Confió en mí y mis capacidades más de lo que yo confiaba, sin él este trabajo de grado no sería posible.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	11
1. PRELIMINARES	14
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES	14
1.2 Objetivos del proyecto	16
1.2.1 Objetivo General.	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 Marco de referencia	17
1.3.1 Riesgo Operacional.....	17
○ Descripción e Importancia	17
○ Métodos para calcular el requerimiento de capital por riesgo operacional	20
○ Datos que se tienen en cuenta para medir el Riesgo Operacional con el Método AMA 26	
○ Importancia de calcular bien el OpVar del Riesgo Operacional desde el método AMA 28	
1.3.2 Escenarios.....	30
○ ¿Qué son?.....	30
○ Problema al incorporar los escenarios en al emplear el método AMA	32
2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA	34
2.1 Descripción de los datos de riesgo operativo.....	36
2.2 Montecarlo para riesgo operativo	37
2.3 Escenarios.....	38

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.4	Lógica difusa	39
2.5	Escenarios con lógica difusa	40
3.	RESULTADOS.....	41
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
	REFERENCIAS.....	46

LISTA DE TABLAS

pág.

<i>Tabla 1: Tipo de Escenarios de acuerdo a Basilea II.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2: Beta establecido por cada línea de negocio. Tomado de Convergencia internacional de medidas y normas de capital, Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 3: Alfa según el valor del componente de negocio.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4: Tipo de Estudio. Fuente: elaboración propia</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5: Escenarios que se tuvieron en cuenta. Fuente: elaboración propia.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 6: Resultado del OpVar con los tres métodos estudiados.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 7: Producto final. Fuente: elaboración propia</i>	<i>43</i>

LISTA DE ECUACIONES

pág.

<i>Ecuación 1: Ecuación para calcular el capital con el método del Indicador básico</i>	<i>21</i>
<i>Ecuación 2: Ecuación para calcular el capital con el método Estándar</i>	<i>22</i>
<i>Ecuación 3: Componente de intereses, arrendamiento y dividendos.</i>	<i>24</i>
<i>Ecuación 4: Componente de servicios</i>	<i>24</i>
<i>Ecuación 5: Componente financiero.....</i>	<i>25</i>
<i>Ecuación 6: Ecuación para calcular el componente de negocio.</i>	<i>25</i>
<i>Ecuación 7: Ecuación para calcular el ILM</i>	<i>26</i>
<i>Ecuación 8: Ecuación para calcular el ORC</i>	<i>26</i>
<i>Ecuación 9: Ecuación para calcular el KSCA</i>	<i>30</i>

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
<i>Ilustración 1: Gráfica de la función Triangular. Fuente:E. Mallo et al., 2014</i>	40
<i>Ilustración 2: LDA de datos internos.</i>	41
<i>Ilustración 3: LDA con Escenarios.</i>	42
<i>Ilustración 4: LDA con los Escenarios con Fuzzy</i>	43

RESUMEN

El riesgo operacional es uno de los factores empresariales que es más se está evaluando en los últimos tiempos, en parte gracias al auge de las firmas aseguradoras que asumen el riesgo ajeno a través de sus pólizas y también con el fin de evadirlo, disminuirlo o aceptarlo.

Aunque los métodos para medir el riesgo operacional se establecieron hace menos de 20 años con Basilea II, ya es evidente que hay ciertos problemas al calcular el capital por riesgo operacional con estos. Uno de los problemas principales se encuentra a la hora de integrar los escenarios empleando el método AMA, para el cálculo del capital por riesgo operacional.

La razón de esta problemática, radica en el tipo de dato que son los escenarios, pues ellos se caracterizan por su incertidumbre tanto en el costo que le pueden generar a la empresa, como en el periodo de tiempo en que puedan suceder. Igualmente, la cantidad de estos datos es mínima, ya que provienen de la opinión de expertos y no de una recolección histórica.

Por esta razón estudiarlos con métodos que son idóneos para datos que siguen determinado orden, no es lo ideal y puede generar como resultado requerimientos de capital erróneos por riesgo operacional.

En el presente trabajo de grado, se aplica la lógica difusa para el estudio de los escenarios, con el fin de integrarlos de la manera adecuada a los requerimientos de capital por riesgo operacional.

Aunque los requerimientos de capital que se obtienen son 4 veces mayor a los que se originan al integrar los escenarios con el método tradicional, la realidad ha demostrado que los métodos originalmente empleados por Basilea II, no fueron lo suficientemente acertados al calcular el capital por riesgo operacional, razón por la cual Basilea III invita a utilizar un nuevo método con el cual el capital por riesgo operacional es mayor. Por lo cual los resultados de este proyecto podrían ser adecuados.

Palabras clave: Lógica Difusa, Frecuencia, Severidad, Riesgo Operacional, Requerimiento de Capital.

ABSTRACT

Operational risk is one of the areas that has received more and more attention in recent years, partly due the fact that financial institutions are looking for new ways to mitigate the risks involved in their operations in the wake of the 2007 global financial crisis. As a consequence, insurance companies are now offering insurance policies that help these institutions to evade, reduce or – in some cases - accept their operational risks.

Although the methods to measure operational risk were established less than 20 years ago with Basel II, it is evident that there are certain problems in calculating the capital required for companies seeking to auto-insure against operational risks. One of the main problems encountered concerns the incorporation of specific scenarios used when applying the AMA methodology in order to calculate the capital requirements.

This problem stems from the fact that the type of data used in such scenarios is characterized by uncertainty, both in terms the amount of cost incurred and in terms of the timing of when each risk events occurs. Furthermore, the amount of historical data collected by financial institutions tends to be absent or very minimal. For that reason, subject-matter experts are usually consulted in order to evaluate the risks involved.

Studying these scenarios of uncertainty with methods that are adequate for ordered data sets that are not subject to uncertainty, is not an appropriate way of evaluating operational risk, since doing so would result in exorbitant capital requirements.

In this paper, fuzzy logic is applied to these scenarios in order to incorporate them in a more appropriate way, and as such evaluate the capital requirements for operational risk by taking into account the elements of uncertainty.

Although the capital requirements obtained by applying fuzzy logic are four times greater than the original values obtained when using the traditional methodology, real-life examples from the industry have in fact demonstrated that Basil II methodologies have been unable to accurately calculate sufficient levels of capital requirements to mitigate the operational risks. Consequently, a new methodology has been set out by Basel III that seeks to provide more accurate ways of evaluating the capital requirements for risk in the increasingly complex operations of financial institutions.

The findings in this paper – that the capital requirements are in fact significantly higher than originally calculated – reinforce the need for more refined methodologies, such as the one set out by Basil III.

Keywords: fuzzy logic, scenarios, frequency, operational risk, severity, capital requirements

INTRODUCCIÓN

El sector financiero ha padecido una gran cantidad de pérdidas económicas a causa de una mala gestión y falta de identificación del riesgo operacional, por esta razón en el 2004 en Basilea II, se hizo una definición clara de éste y se incorporó dentro de los cálculos de requerimientos de capital a asegurar (Arbeláez et al., 2006).

A pesar de todas las precauciones que se tenían para la época, a finales del 2007 se descubre el fraude de más de \$7 billones de dólares realizado por uno de sus empleados a Société Générale, uno de los principales bancos de Europa (Clark & Jolly, 2008). Terminando el 2008 se destapa la pirámide más grande de la historia, liderada por el agente financiero Bernard Madoff, en la que el monto total de la estafa fue de alrededor de \$65 billones de dólares (Telegraph Reporters, 2017). En el 2009 el fraude bancario de más o menos \$8 billones de dólares, realizado por Sir Allen Stanford, que va en la línea del cometido por Madoff (Portafolio, 2017). Todo esto junto con la ola de desastres naturales que se han presentado en el 2017 (Redacción Animal Político, 2017), son algunos de los escenarios extremos y más relevantes que se deberían tener en cuenta a la hora de calcular el capital a asegurar por riesgo operacional

A estos tipos de eventos, se le añaden los ocurridos antes y durante el 2008, que desencadenaron la crisis de la época, tales como los créditos respaldados con hipotecas *subprime* o un manejo inadecuado de los procesos de gestión del riesgo (Tepl y, 2010).

Todos estos, como se menciona anteriormente, constituyen escenarios dentro del cálculo del riesgo operacional, los cuales se caracterizan por ser eventos extremos, que tienen una posibilidad muy baja de ocurrencia y con intervalos de tiempo relativamente inciertos, pero su severidad es tan alta, que en el caso de ocurrir pueden acabar con la institución financiera o poner en peligro su futuro económico, así como la situación financiera de las ciudades o en el peor de los casos de los países en los que éste tiene influencia.

Es lógico que una empresa no tenga la capacidad financiera para cubrir escenarios supremamente severos y exageradamente improbables, pues su monto es superior a las reservas que est  tiene y para una institución guardar una cantidad tal de dinero no sólo implica una pérdida importante de oportunidad de inversión, sino también de posible ganancia; pero las empresas deben tener la capacidad económica, que les permitan cubrir el promedio de pérdidas originadas por los escenarios que se puedan generar en conjunto (Rippel & Tepl y, 2011).

Después de la crisis del 2008, surge Basilea III, en el cual el requerimiento de capital, se incrementa a un 7% de los activos ponderados por riesgo después de hacer las deducciones pertinentes. Esto se discrimina en un 4.5% que es obligatorio dejar de reserva y un 2.5%, el cual se considera un capital colchón y se debe acumular hasta llegar a un

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

determinado nivel que permita cierta seguridad a futuro (Bank for International Settlements, 2017).

Pero al emplear el método AMA para medir el capital por riesgo operacional, los problemas que se encuentran a la hora de integrar el análisis de escenarios para evaluar el capital a asegurar por riesgo operacional se siguen presentando. Los parámetros de evaluación del capital del riesgo operacional establecidos por Basilea II al emplear el método AMA, son acertados y seguros cuando la información proviene de datos internos y externos, de los cuales se tiene una muestra poblacional grande.

La dificultad está en la cola derecha, que por lo general se origina cuando se tienen en cuenta los escenarios, al evaluarlos e integrarlos de la misma forma como se hace con los datos internos y externos, daba como resultado requerimientos de capital de hasta mil veces el valor de la empresa a asegurar, lo cual es poco realista (K. K. Dutta & Babbel, 2014).

La problemática principal se desencadena porque la muestra poblacional de la información proveniente del análisis de escenarios no se tiene o es muy poca como para evaluarla con los mismos estándares, lo que ocasiona que se den las colas derechas tan largas o que ésta no se encuentre más cercana al eje x. Así mismo las características intrínsecas de la información asociadas principalmente a la incertidumbre de su frecuencia y severidad, junto con la subjetividad que proviene del personal experto, que es el más capacitado para brindarla, establecen la necesidad de estudiarla de una forma distinta a la tradicional que considere sus particularidades.

Al estudiar la información proveniente del análisis de escenarios, con un método que tenga en cuenta sus peculiaridades, como la falta de exactitud -totalmente falso o verdadero-, las cuales se manejaran aplicando lógica borrosa; se puede conseguir que la cola derecha se disminuya o esté muy cercana al eje x, lo cual permitiría un cálculo más acertado del capital por riesgo operacional, a partir del método AMA autorizado por Basilea II.

Al integrar los escenarios al método AMA de la manera tradicional los requerimientos por capital se duplican, pero al incorporar el resultado del proceso de fuzzificación y desfuzzificación a la distribución agregada de pérdidas originada con los datos internos, los valores son mayores (la magnitud del aumento depende del valor del impacto de los escenarios seleccionados) que los que se obtiene con el método tradicional integrado; la ventaja se encuentra en que la cola derecha no es tan larga.

Adicionalmente, según Basilea III, el capital por riesgo operacional que se calculaba con Basilea II demostró no ser el adecuado para cubrir el riesgo operacional que se materializaba en las entidades financieras, razón por la cual se cambiaron todos los métodos y se instituyó el método estándar, en el que el capital calculado es mayor al que se generaba con los otros métodos. Puede ser que el integrar los escenarios tras el proceso de lógica difusa, diera un cálculo más acertado y cercano al que reflejaba la realidad, que demostraba la necesidad de incrementarlo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Es importante destacar que aunque Basilea III, ya sólo sugiere el empleo del método estándar mejorado para el cálculo del capital por riesgo operacional, hasta que el agente supervisor no acoja la normatividad de Basilea III, éste no será obligatorio para los bancos locales, a menos de que hagan operaciones a nivel internacional que los obligue a realizar el cambio (Bank for International Settlements, 2017).

1. PRELIMINARES

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

El principal problema de las investigaciones sobre riesgo operacional, es que la información es en su mayoría confidencial, por lo que hacer un estudio detallado y riguroso que sea acorde a la realidad ha sido complejo. El primero de este estilo fue realizado por el profesor Embrechts, finalizando la década de los 90'. Ya en el nuevo milenio algunos de los estudios más completos realizados sobre riesgo operacional han sido en el 2005 los de Fontnouvelle, Jordan & Rosengren, y Embrechts, Frey & McNeil; en el 2006 el de Mignolla & Ugoccioni; para el 2007 los de Degen, Embrechts & Lambrigger, junto con los de Chernobai, Rachev & Fabozzi, y Dutta & Perry (Rippel & Teplý, 2011).

Para el modelamiento de los escenarios uno de los métodos que se emplea es la teoría de los valores extremos, junto con las pruebas de estrés, las cuales han sido estudiadas en Alemania por Kühn, R & Neu, P (2004); en Japón por Arai T (2006); en Estados Unidos por Rosengren, E (2006), y también en República Checa por Cihak (2004) y por Téply en diferentes artículos, de los cuales el más actual data del 2011.

A la hora de integrar los escenarios al cálculo del capital a asegurar por riesgo operacional, una de las distribuciones más empleadas y que se considera adecuada es la de G&H, la cual termina siendo muy similar a una distribución empírica (K. Dutta & Perry, 2006).

Cope (2012), a partir del modelamiento de varios subprocesos superpuestos que son característicos de los diferentes mecanismos individuales ocasionadores de pérdidas, lo cual es el resultado del estudio del proceso estocástico asociado a la generación de pérdidas del capital a asegurar por riesgo operacional, plantea un método con el que considera se pueden identificar los mecanismos que producen pérdidas, llevar a cabo una evaluación de los escenarios y finalmente integrarlos con las pérdidas históricas relevantes provenientes de los datos internos y externos, para calcular la distribución de pérdidas agregadas y así obtener el capital a asegurar por riesgo operacional.

Por su parte según K. K. Dutta & Babbel (2014), los dos métodos que se habían empleado para generar esta distribución hasta el 2014 fueron:

- Tomar cada una de las unidades que la institución está teniendo en cuenta, a la hora de evaluar el riesgo operacional con datos internos y externos, y se les da una gravedad porcentual, en el caso en que se diera un grupo de escenarios en ésta; para esto se tuvo que agrupar las severidades de los escenarios. En las diferentes replicaciones, las severidades se van muestreando a partir de la gravedad porcentual dada a la unidad que se está evaluando. La distribución de probabilidad

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

generada con esto, se compara con la que se produce tras tener en cuenta sólo los datos internos y externos, con el fin de elegir el percentil 99.7 o 99.9, el cual es un número intermedio entre los mismos percentiles de las dos distribuciones, ya que por lo general el valor generado por la distribución basada en escenarios es mayor. Su problema, consiste en que los escenarios y sus resultados, están totalmente aislados de los datos internos y externos. Este tipo de estrategia, es normalmente empleada por las instituciones financieras, a la hora de calcular su capital a asegurar por riesgo operacional.

- A cada unidad de medida, se le asigna un escenario y dos valores de gravedad, uno que equivale a lo más probable que podría pasar, la cual se ubica en el percentil 50 de la distribución originada con los datos internos y externos, y el otro que es el peor escenario, el cual se agrega al percentil 99.9 o superior de la misma. Después, la distribución original de los datos internos y externos, se compara con la proveniente de este método y por lo general se elige un valor para el percentil 99.9 o 99.97 intermedio entre los correspondientes percentiles de las dos distribuciones comparadas.

En el mismo artículo, K. K. Dutta & Babbel, 2014 proponen un método en el cual se combinan los datos históricos de pérdidas con el análisis de escenarios y emplean el enfoque de cambio de medida, con el fin de evaluar el impacto que tiene cada uno de los escenarios, en el capital a considerar para asegurar el riesgo operacional. Con esto ellos hacen una interpretación de los escenarios en función del histórico de pérdidas de la institución, teniendo en cuenta tanto la frecuencia como la severidad. El enfoque de cambio de medida lo emplean con el fin de validar y actualizar el proceso mediante el cual se generan las pérdidas, en especial a la hora de incorporar los escenarios; así mismo la integración entre datos históricos y escenarios de forma sistemática, la realizan utilizando una distribución empírica.

Los investigadores de Jongh, De Wet, Raubenheimer, & Venter, 2015, proponen emplear la distribución de Poisson para generar los datos aleatorios de frecuencia, la de Burr para los de severidad y utilizan el método de Montecarlo con el fin de obtener la distribución agregada de pérdidas, a ésta le incorporan los escenarios obtenidos de expertos. El impacto de cada escenario lo analizan desde 3 cuantiles, que para el caso del estudio fueron el 7, 20 y 100, en sí se relacionan con lo menos grave que puede pasar, lo que normalmente sucede y lo más grave que puede ocurrir. A los cuantiles originales, se les multiplica por un factor de objetividad, que viene de una distribución uniforme entre 0 y 1, pero con el fin de evitar restarle toda la importancia a los escenarios los límites se fijan entre 0.6 y 1. El factor de objetividad lo que busca es filtrar la subjetividad que traen los escenarios, al ser opinión de expertos y adaptarlos más a la realidad. La ventaja de este método es que tanto el cuerpo como la cola de la distribución total de pérdidas están compuestos por datos internos, externos y escenarios, pero lo autores consideran que es necesario realizar el estudio con datos reales, para ver si funciona más allá de la teoría.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Por su parte Aroda, Guergachi, & Huaxiong, 2015, empleando la modelación tradicional de los datos internos y externos, proponen integrar los escenarios a la distribución de pérdidas implementando el operador de convolución. Para ello calibran la distribución de pérdidas proveniente de los datos internos y externos, y otra con los escenarios que es calibrada a partir de sus puntos de datos, realizando una adición aleatoria al hacer la convolución que se corresponde con dichas densidades. Para generar la distribución de escenarios, proponen un método que tenga en cuenta la incertidumbre de estos, para que se origine una distribución combinada de pérdidas, la cual tiene en cuenta el dominio completo de la distribución de escenarios calibrados. La idea que subyace en este estudio, es que a partir de la propiedad conmutativa de la convolución una función cumpliría el papel de suavizar y promediar a la otra.

Finalmente Luukka, Collan, Tam, & Lawryshyn (2018), realizaron un estudio a partir de la opinión de los expertos sobre 3 escenarios, cada uno da un cálculo de las pérdidas posibles a 3 niveles: la más optimista, la que con más probabilidad se podría dar y la más pesimista. A partir de estas evaluaciones se generan conjuntos difusos triangulares. A cada experto se le da según su trayectoria un valor de credibilidad, el conjunto de valores de credibilidad se normaliza dentro de un intervalo unitario y se genera un vector de ponderación de credibilidad. Después toman los escenarios determinados con números difusos y el vector de ponderación de credibilidad y combinan estos dos valores a partir de un método matemático que no evita la pérdida de información, generando unos puntos que se ponderan para dar un número difuso resultante que tenga en cuenta toda la información. Para ellos éste termina siendo un método adecuado para analizar los escenarios y consideran que con datos reales y en mayor cantidad puede funcionar mucho mejor, ya que el OpVar no se eleva mucho al incluir los escenarios y la información de estos se reparte por toda la distribución. Pero este método no tiene en cuenta la certidumbre del valor, sino la credibilidad de los expertos.

En este trabajo se pretende aplicar escenarios con conjuntos borrosos, pero teniendo en cuenta la certidumbre del valor de impacto del mismo, sugerido por los expertos.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General.

Desarrollar un modelo que permita evaluar el riesgo operacional, con la integración de datos internos y escenarios, utilizando lógica difusa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Encontrar los conjuntos difusos básicos de entrada, que permitan evaluar la información proveniente del análisis de escenarios.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Determinar las reglas con las cuales se puede procesar los conjuntos de entrada, para producir los valores de salida.
- Desfuzzificar la información generada por la simulación del análisis de escenarios hipotéticos e integrarla a los resultados obtenidos con datos internos.
- Implementar de un sistema basado en lógica difusa que, mezclando datos internos y escenarios, muestre la distribución de probabilidad de pérdidas potenciales por riesgo operacional.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Riesgo Operacional

○ Descripción e Importancia

El riesgo operacional no es un concepto nuevo a nivel bancario o empresarial que sólo se haya hecho evidente con los acuerdos de Basilea, por el contrario, siempre ha estado presente en los balances de las diferentes compañías afectando la solvencia y la eficiencia en las operaciones de las diferentes unidades de negocio (Anna S. Chernobai, Svetlozar T. Rachev, 2008).

La razón por la que no se empezó a estudiar si no hasta la década de los 90'es porque la gran mayoría de las pérdidas que se presentan son pequeñas, en relación con la cantidad de dinero que puede perder la empresa en otras clases de riesgo como el de crédito o de mercado, pero son las más frecuentes, previsibles y se pueden evitar desde que se les haga una correcta identificación. Ejemplo de éstas son las pérdidas ocasionadas por las fallas en los equipos, errores no intencionados cometidos por los empleados, fraude interno, disminución o parálisis de las operaciones debido a desastres naturales entre otros.

Usualmente el riesgo operacional aumenta a medida que se incrementan las utilidades de la compañía, el volumen de operaciones, y se diversifican e ingresan nuevas unidades de negocio; por lo que hasta la década de 1990' las pérdidas provenientes de éste fueron pequeñas y fácilmente solventadas por las empresas.

Gracias al desarrollo tecnológico, la globalización y la consolidación de las políticas neoliberales a nivel económico que incentivaron la desreglamentación¹, desde hace tres décadas las condiciones de las empresas, especialmente de las pertenecientes al sector

¹ Ejemplos de la desregularización son: la gran reforma bancaria de 1998 en Japón, el Big Bang, promovido por el primer ministro Ryutaro Hashimoto; la Ley de Servicios Financieros de 1999 en Estados Unidos, más conocida como Financial Services Act; la reforma en 1986 en la bolsa de valores de Londres eliminando las transacciones cara a cara e incentivándolas electrónicamente; la formación de la Unión Europea, con la eliminación de fronteras y la unión monetaria, lo cual facilita la ejecución de muchas transacciones, entre otras.

bancario han variado mucho, por lo que se disminuyeron las restricciones en las operaciones incrementando significativamente su número; se aumentaron notablemente las utilidades, y se diversificaron las unidades de negocio. Adicionalmente se desarrolló un verdadero y complejo sistema financiero totalmente interconectado e interdependiente mundialmente.

Todo lo anterior ocasionó que las pérdidas por riesgo operacional se evidenciaran y se hizo necesario empezar a estudiarlo, ya que al aumentar las unidades de negocio se necesitan más empleados, lo que origina una mayor probabilidad de errores humanos o fraude interno. Igualmente, con el advenimiento de la tecnología, la cantidad de operaciones a través de computadores se expandieron a un nivel nunca antes imaginado, lo que hace al sistema bancario vulnerable a virus o fallas en los sistemas de cómputo.

El riesgo operacional ha llegado a tomar tal relevancia, que las fluctuaciones en el flujo de fondos que a largo plazo se evidencian a nivel bancario, la mayoría de las veces tienen su origen en la materialización de un riesgo operacional, que en la de un riesgo de mercado o de crédito. Es así como en el 2003, Roger W. Ferguson vicepresidente de la Reserva Federal de los Estados Unidos, en el marco de las sesiones de discusión del acuerdo de Basilea, planteó que gracias al incremento de las tecnologías y su implementación a nivel financiero, el riesgo operacional ha llegado a tener tanta importancia que está participando en mayor proporción en el total del riesgo, llegando muchas veces a ser el riesgo más relevante para muchas entidades financieras.

A nivel académico y empresarial el riesgo se ve desde dos ópticas, una como una medida de la incertidumbre, la otra se le considera como el cálculo de sufrir una pérdida potencial a futuro. Con la primera definición el riesgo puede ser positivo o negativo, ya que la incertidumbre no siempre se deriva en algo negativo, muchas veces puede traer consigo una oportunidad de negocio y de ganancia al saberlo asumir. La segunda definición se enfoca en una visión negativa del riesgo, pues lo ve como una medida de la posibilidad de sufrir pérdidas futuras que de por si son inciertas. Usualmente desde la perspectiva financiera y reguladora el riesgo se ve desde la segunda visión, que es como tal una mirada negativa de éste.

Ya particularmente el riesgo operacional se podría definir en un primer momento como el riesgo residual, puesto que en 1998 el Banco de Pagos Internacionales BIS -por sus siglas en inglés-, lo definió como los otros riesgos que podían tener las entidades financieras y que no encajaban dentro de los riesgos crediticios o de mercados. Pero para el 2001 la asociación británica de bancos lo define como: el riesgo directo o indirecto de incurrir en pérdidas derivadas de la inadecuación o fallas en los procesos, personas o sistemas, o a causa de eventos externos; la cual fue tomada por el BIS en el mismo año y es así como llega a ser parte de los acuerdos de Basilea. Posteriormente con el fin de acortarlo y clarificarlo, se dejó dentro del riesgo operacional el legal, excluyendo el riesgo estratégico y reputacional.

A partir de la última definición, se puede subdividir el riesgo operacional en cuatro categorías de acuerdo a sus fuentes u orígenes:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1. Personas
2. Procesos
3. Sistemas
4. Eventos externos.

Igualmente, al tener en cuenta diferentes factores, se puede clasificar el riesgo operacional de las siguientes maneras:

- I. De acuerdo a la naturaleza de las pérdidas, por lo tanto, si las pérdidas se originan internamente por una falla en los sistemas, errores intencionados o no en los empleados o fallas en las operaciones, se consideran internas; por lo contrario, si las pérdidas se originan por un desastre natural, una intrusión externa en los sistemas o por una persona ajena a la entidad, se le denominan externas.
- II. Según el impacto de las pérdidas, estas se pueden clasificar en directas cuando afectan directamente las utilidades v.gr. el valor de las reparaciones en caso de fallas en los equipos, las pérdidas por fraude, sanciones, costos legales, entre otros. Las pérdidas indirectas son las que normalmente hacen parte de la contabilidad, pero es difícil identificarlas, por ejemplo, los reprocesos, las horas extras debido a la ineficiencia en el desarrollo de los procesos, errores en los precios, etc...
- III. De acuerdo al grado de expectativa de estas, por lo que pueden ser esperadas como lo son los pequeños errores que se cometen a diario en el sector financiero; las inesperadas son los desastres naturales, los grandes fraudes internos, entre otros.
- IV. Teniendo en cuenta la diferencia entre riesgo, evento o tipo de pérdida:
 - a. Riesgo son los diferentes factores que incrementan la probabilidad de ocurrencia de un evento.
 - b. Evento es la materialización de uno o varios riesgos.
 - c. Pérdida es la cantidad monetaria o no monetaria, en la que se incurre cuando hay un evento.

Al tener en cuenta los eventos que pueden ocurrir en el sector financiero, Basilea II define varios tipos de eventos, estos son:

Tabla 1: Tipo de Escenarios de acuerdo a Basilea II

TIPO DE ESCENARIO	DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO
Fraude Interno	Son los errores intencionados cometidos por los empleados, robos o revelación de información confidencial que ellos realicen y que afecte a la institución.
Fraude externo	Son los robos, falsificaciones, etc..., cometidos por agentes externos a la institución, sin que en ningún

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	momento cuentan con la colaboración consciente del personal interno.
Prácticas de empleados y seguridad en los puestos de trabajo	Errores no intencionados de los empleados, no cumplimiento de las leyes laborales o de seguridad e higiene.
Prácticas con los clientes, productos y negocios	No cumplimiento de las obligaciones con los clientes, mal diseño o ineficiencia de los productos, abusos al realizar negocios o que estos no sean autorizados.
Daños a activos físicos	Pérdidas o daños de activos físicos, puede ser por desastres naturales u ocasionados por otros eventos.
Interrupción del negocios y fallas en los sistemas	Fallas en el hardware o software, problemas en los medios de intercomunicación que ocasionan interrupción del servicio.
Ejecución, entrega y manejo de los procesos	Falla en el diseño, entrega y desarrollo de los procesos, que los hace ineficientes e ineficaces para cumplir las necesidades del negocio.

- V. Según la severidad de la pérdida, que en sí es la cantidad monetaria que se pierde tras la ocurrencia de un evento, y la frecuencia que es la cantidad de veces que ocurre el evento en un margen definido de tiempo (Anna S. Chernobai, Svetlozar T. Rachev, 2008).

○ **Métodos para calcular el requerimiento de capital por riesgo operacional**

Basilea II y III exige a las entidades financieras el establecimiento de un capital denominado requerimiento de capital, que en sí es una cantidad de dinero que las empresas deben guardar con el fin de auto-asegurarse y usarlo en el caso de que se materialice un riesgo. El requerimiento mínimo de capital a nivel general con Basilea III es del 4.5% de los activos que se ponderan a nivel de riesgo tras hacer las deducciones pertinentes². También existe un capital colchón que equivale al 2.5% de los activos de riesgos ponderados, el cual se acumula durante un tiempo hasta alcanzar cierta cantidad de dinero (Bank for International Settlements, 2017).

El cálculo del requerimiento de capital se calcula de manera diferente según el tipo de riesgo, para el riesgo operacional en Basilea II se plantearon tres métodos determinados,

² Aquí se incluye tanto el riesgo de capital, mercado y operacional.

el del indicador básico -BIA-; el estándar -TSA- y su extensión el estándar avanzado -ASA-, y el de medición avanzada -AMA-. Los métodos del indicador básico y estándar fueron rigurosamente regulados por Basilea II, mientras que el AMA permite el empleo de modelos internos más flexibles los cuales deben ser avalados por el agente supervisor (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006).

- Método del Indicador Básico BIA

Para el cálculo de éste se tienen en cuenta los Ingresos Brutos Positivos, los cuales son los ingresos netos³ por intereses en conjunto con otros ingresos netos como los que se reciben por comisiones, cuotas de manejo o servicios subcontratados con la entidad. De los ingresos brutos positivos, se excluyen las provisiones, gastos que se deriven de la explotación, las partidas extraordinarias, lo que ingresa por la actividad de seguros, y los beneficios o pérdidas que se originan por la negociación de valores de la cartera de inversión.

Para calcular la exigencia de capital con el método del indicador básico KBIA, se toman los ingresos brutos positivos GI -mayores a 0-, de los 3 últimos años y se suman. Después se multiplican por un alfa α^4 que es un elemento fijo exigido por el Comité de Basilea el cual es 15% . Todo esto se divide por los años que se toman en cuenta N, que en sí serían 3 si no se ha tenido ingresos brutos negativos en los tres últimos años, pero si por ejemplo, en el primer año de los tres últimos se obtuvieron ingresos brutos negativos, estos no ingresan en la sumatoria de ingresos y el divisor sería igual a 2.

$$KBIA = \alpha * \frac{\sum_{t=1}^{n=3} GI}{N}$$

Ecuación 1: Ecuación para calcular el capital con el método del Indicador básico

- Método Estándar TSA

³ Ingresos netos se dan al restarle a los ingresos brutos el gasto por el mismo rublo.

⁴ Para el comité de Basilea el factor alfa se origina al tomar el capital que se exige al conjunto del sector y relacionarlo con su nivel.

Para esto se dividen las operaciones del banco en ocho líneas de negocio, ya que se considera que los intereses brutos de cada una de ellas muestran un panorama amplio del volumen de las operaciones del banco y por lo tanto es más específico asumir un nivel de riesgo por cada una de ellas.

$$KTSA = \frac{\sum_{t=1}^{n=3} \sum (GI_{1-8} * \beta_{1-8})}{3}$$

Ecuación 2: Ecuación para calcular el capital con el método Estándar

Con el fin de calcular el capital con el método estándar KTSA, se toman cada uno de los ingresos brutos GI de cada línea de negocio en los últimos 3 años y se multiplican por un factor beta β^5 que es diferente según la línea que se esté evaluando, todo esto se suma y se divide por tres. En el caso de que haya ingresos brutos negativos en una línea de negocio, se asumen que se compensan con los positivos, pero en el caso de que la suma total de los ingresos brutos de todas las líneas de negocio en un año de negativo, estas no ingresan y se reduce el divisor en 1.

Tabla 2: Beta establecido por cada línea de negocio. Tomado de Convergencia internacional de medidas y normas de capital, Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006

Línea de Negocio	Beta β establecido
Finanzas Corporativas	18%
Negociación y ventas	18%
Banca Minorista	12%
Banca Comercial	15%
Pagos y Liquidación	18%

⁵ El factor Beta para el comité de Basilea es una relación que se hace entre el historial de pérdidas por riesgo operacional que se tienen en cada línea de negocio y la sumatoria del nivel de ingresos generado por ella misma.

Servicios de Agencia	15%
Administración de Activos	12%
Intermediación Minorista	12%

- Método Estándar Alternativo ASA

Tiene las mismas bases del método estándar, pero para que una institución financiera pueda utilizarlo, le tiene que demostrar a la entidad de supervisión que el empleo de este método va a permitir mejoras en el cálculo del capital. En el caso de que una entidad ya implemente el ASA, no se puede devolver al TSA, a menos de que el ente supervisor lo autorice.

La diferencia con el método estándar a la hora de calcular el capital es que en las líneas de negocios de banca minorista y comercial, ya que los ingresos brutos se reemplazan por los préstamos y anticipos, y deben ser multiplicados por un factor m que según Basilea es igual a 0.035. Tras realizar la anterior operación ingresan a la ecuación del método estándar reemplazando a los ingresos brutos de esas dos líneas de negocio y se multiplican por el mismo β ⁶.

- Método de Medición Avanzada AMA

Es el método con mayor grado de flexibilidad que ofrece Basilea II para el cálculo de capital por riesgo operacional, puesto que los requerimientos de capital se generan a partir del sistema interno de la institución financiera. Por el grado de complejidad que esto involucra, Basilea II exige mayores requisitos a las entidades que desean ponerlo en funcionamiento y estas deben demostrar que cuentan con el desarrollo e inversión suficiente para implementarlo a cabalidad.

Con el AMA las mejoras que se hagan con el fin de evitar o erradicar determinado riesgo operacional o la explotación que se haga de éste, se van a ver reflejadas positivamente en el cálculo del capital.

Para implementar el AMA se deben tener en cuenta por línea de negocio los datos internos, datos externos, análisis de escenarios, y los factores que sean un reflejo del negocio en su entorno, junto con los diferentes sistemas de control interno. Todo esto se debe saber ponderar, de tal manera que no se generen distribuciones con un intervalo de confianza del 99.9 %, en las que la cola sea muy pronunciada y se

⁶ El comité de Basilea permite, a la hora de calcular el ASA que β sea del 15% para banca minorista y comercial, y de 18% para las otras líneas de negocio.

evidencien pocas pérdidas. Igualmente es necesario que el método sea coherente internamente y se evite al máximo la doble contabilización.

Ya en el 2017 Basilea III considera que tras la pasada crisis económica del 2008 ninguno de los 3 métodos regulados -BIA, TSA y ASA-, ni el AMA fue totalmente adecuado a la hora de calcular el requerimiento de capital por riesgo operacional, por lo que propone un nuevo método estándar, el cual asume que si los ingresos incrementan el riesgo operacional es mayor y que si una entidad ha tenido grandes pérdidas por riesgo operacional es más susceptible a tenerlas nuevamente en comparación con los otros bancos (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2017).

- Método Estándar implementado tras Basilea III

La metodología se basa en tres diferentes elementos, el indicador de negocio BI, el componente del indicador de negocio BIC y el multiplicador de pérdida interna ILM.

BI: con este se pretende hacer un acercamiento al riesgo operacional basándose en los estados financieros. Como tal se compone de la agregación de tres cifras:

1. Componente de intereses, arrendamiento y dividendos ILDC, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$ILDC = \text{Min} \left[\frac{\sum_{t=1}^{n=3} \text{abs}(IPI - GPI)}{3}; 2.25\% \frac{\sum_{t=1}^{n=3} ADI}{3} \right] + \frac{\sum_{t=1}^{n=3} ID}{3}$$

Ecuación 3: Componente de intereses, arrendamiento y dividendos.

Donde IPI son los ingresos por intereses, GPI gastos por intereses, ADI activos que devengan intereses e ID ingresos por dividendos.

2. Componente de servicios SC, este se calcula con la ecuación que se muestra a continuación:

$$SC = \text{Max} \left[\frac{\sum_{t=1}^{n=3} OIO}{3}; \frac{\sum_{t=1}^{n=3} OGO}{3} \right] + \text{Max} \left[\frac{\sum_{t=1}^{n=3} IHC}{3}; \frac{\sum_{t=1}^{n=3} GHC}{3} \right]$$

Ecuación 4: Componente de servicios

Donde OIO son otros ingresos por operaciones, OGO otros gastos por operaciones, IHC ingresos por honorarios y comisiones y GHC gastos por honorarios y comisiones.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. Componente financiero FC, el cual se deduce de la siguiente manera:

$$FC = \frac{\sum_{t=1}^{n=3} abs(BPNCN)}{3} + \frac{\sum_{t=1}^{n=3} abs(BPNCI)}{3}$$

Ecuación 5: Componente financiero

Donde el BPNCN es el beneficio y/o pérdida neta en la cartera de negociación, y el BPNCI es el beneficio y/o pérdida neto en la cartera de inversión.

El BI se calcula así:

$$BI = ILDC + SC + FC$$

Ecuación 6: Ecuación para calcular el componente de negocio.

BIC: se calcula al multiplicar el BI por unos alfas (α), que en sí son unos coeficientes marginales que van en aumento según se incrementan el BI y son definidos por Basilea III. De esta manera teniendo en cuenta el BI, el valor de α es el siguiente:

Tabla 3: Alfa según el valor del componente de negocio.

$$1.000 \text{ m EUR} \leq BI \Rightarrow \alpha = 12\%$$

$$1.000 \text{ m EUR} < BI \leq 30.000 \text{ m EUR} \Rightarrow \alpha = 15\%$$

$$BI > 30.000 \text{ m EUR} \Rightarrow \alpha = 18\%$$

El cálculo se hace teniendo en cuenta cada parte del BI que está dentro de cada alfa v.gr. si el BI es de 40.000, este se calcularía así:

$$BI = (1.000 \text{ m} * 12\%) + ((30.000 - 1000) * 15\%) + ((40.000 - 30.000) * 18\%) = 6.270 \text{ m EUR}$$

ILM: como tal es un factor escalar, el cual tiene en cuenta el promedio histórico de pérdidas internas que presenta la entidad financiera en los últimos 10 años, en relación con el BIC. Para calcular el ILM se necesita deducir el LC, el cual es el resultado de multiplicar 15 por el promedio de las pérdidas por riesgo operacional de la entidad financiera en los últimos 10 años, de esta manera el ILM se calcula con la siguiente ecuación:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$$ILM = \ln(\exp(1) - 1 + \left(\frac{LC}{BIC}\right)^{0.8})$$

Ecuación 7: Ecuación para calcular el ILM

Al tener ya claros los tres componentes para deducir el capital por riesgo operacional -ORC- por el método estándar, la forma de calcularlo es la siguiente:

$$ORC = BIC * ILM$$

Ecuación 8: Ecuación para calcular el ORC

De esta manera cuando el LC es mayor que el BIC, el ILM va a ser superior a uno, por lo que el requerimiento de capital será más, con lo que se puede deducir que, a mayor pérdida histórica, debido a la materialización del riesgo operacional, se exige una cantidad superior de capital.

En el caso de que los bancos no cuenten con un historial de calidad de los 10 últimos años de pérdidas históricas por riesgo operacional, se podrá tener en cuenta solo los 5 últimos años; pero si tampoco se cuenta con 5 años de un buen registro el ILM será igual 1. El supervisor puede tener en cuenta un historial de pérdidas históricas inferior a 5 años, si con los pocos años de registros el ILM es superior a 1 (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2017).

- **Datos que se tienen en cuenta para medir el Riesgo Operacional con el Método AMA**

Datos Internos: son las pérdidas de las entidades financieras, se consideran de vital importancia puesto que a partir de ellas se puede estimar las pérdidas futuras y ejecutar planes de acción para prevenirlas. Estos datos pueden ser utilizados para pronosticar las pérdidas futuras, sea empleándolos como materia prima para calcularlas o validar las cifras obtenidas tras la simulación.

Basilea II exige que los procedimientos de recolección de pérdidas sean documentados y se establezca mecanismos claros para identificarlas. Igualmente permite que a discrecionalidad de la entidad se pueda no tener en cuenta ciertas pérdidas o ajustarlas proporcionalmente, pero considera necesario establecer personas encargadas de tomar este tipo de decisiones.

Se necesita tener como mínimo 5 años de recolección de datos de pérdidas por riesgo operacional para poder calcular el capital por riesgo operacional, pero en caso de las entidades financieras que apenas están empezando con la implementación del método AMA, se permite solo utilizar los últimos tres años, en los que se incluye el año en el que la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

metodología AMA funciona en paralelo con el método del cálculo de capital por riesgo operacional que empleara la entidad financiera antes del cambio.

Los datos que integran el historial de pérdidas deben ser clasificados dentro de las diferentes líneas de negocio de la corporación financiera y en los tipos de eventos que anteriormente fueron mencionados, para esto el banco debe establecer criterios claros que orientan la clasificación. Así mismo la entidad puede determinar un umbral mínimo por línea de negocio y geografía para incluir pérdidas en el historial, desde que esto sea coherente, no perjudique significativamente el cálculo del capital por riesgo operacional y sea acorde a las decisiones de otros bancos en condiciones similares. En las unidades centralizadas de la entidad financiera que manejan varias líneas de negocio, se debe definir criterios específicos para identificar y asignar las pérdidas que éstas producen.

Las pérdidas que históricamente se hayan considerado como riesgo crédito, siguen haciendo parte del cálculo del riesgo crédito, aunque se deben documentar con su respectiva anotación en la base de datos de pérdidas por riesgo operacional, sin tenerlas en cuenta a la hora de calcular el capital por riesgo operacional. Por el contrario las que hacen parte del cálculo de capital por riesgo de mercado y que en sí eran operacionales, pasaran a ser parte del cálculo del riesgo operacional (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006).

Datos Externos: se consideran los datos públicos o agregados en el sector financiero y se ordena que en especial sean utilizados cuando se previera pérdidas infrecuentes, pero de especial gravedad. Los eventos externos deben estar detalladamente documentados con su fecha de descubrimiento, de comienzo y de culminación; lo que sucedió; como se clasificó; causas y consecuencias del evento; en sí cualquier detalle que les permita, a las entidades financieras que deseen utilizarlos, identificar su relevancia.

Es necesario que el banco tenga un mecanismo a través del cual se pueda establecer cuando emplear estos datos externos y una metodología para integrarlos, entre estas Basilea II recomienda incorporarlos a través de:

- Introducción de ajustes de proporcionalidad.
- Ajustes cualitativos.
- Introducirlos en el análisis de escenarios (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006).

Escenarios: para Basilea II eran los conceptos periciales que otorgaban expertos o directivos con experiencia, sobre la exposición de la entidad financiera o del sector a pérdidas verdaderamente graves por hechos que son poco frecuentes, la entidad no puede controlar que sucedan, pero en el caso en que se presenten pueden dejar al banco en serios problemas. Son muy importantes a la hora analizar la desviación que se puede presentar al originarse diferentes eventos que se correlacionan debido a la materialización de este tipo de riesgos (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Factores relacionados con el entorno del negocio y con el control interno: es indispensable que la entidad financiera identifique los elementos básicos que en el entorno del negocio podrían perjudicar o alterar su perfil de riesgo operacional, así como las estrategias de control a nivel interno que modificarían el mismo. Todo esto con el fin de que en las evaluaciones que se realizan a nivel de riesgo operacional, logren evidenciar las mejoras o deterioros en el entorno operativo y las estrategias de control, lo cual permite que dichas evaluaciones de capital de riesgo estén encaminadas a reflejar los objetivos de la entidad a nivel de control. Para que se puedan incluir es necesario:

- Cada factor debe generar un riesgo significativo, convirtiéndolo en medidas cuantitativas que permitan verificarlos.
- La sensibilidad del capital de riesgo operacional a partir de la variación de cada uno de los factores, junto con su ponderación.
- Es necesario identificar las mejoras del perfil de riesgo a partir de la implementación de los controles.
- Al hacerse más complejas las actividades de la entidad es necesario que se establezcan reglas que permitan reflejar el aumento del riesgo en estas.
- A lo largo del tiempo es importante validar y comparar las proyecciones que se han realizado, con lo que verdaderamente se ha materializado (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2006).

Hasta el 20% del capital mínimo por riesgo operacional calculado, a través del método AMA, puede ser cubierto por pólizas de seguro que tendrán vigencia de máximo una año y mínimo 90 días, por lo que la proporción del capital que cubren varía dependiendo del tiempo por el cual se contrata.

- **Importancia de calcular bien el OpVar del Riesgo Operacional desde el método AMA**

Basilea II con el fin de aceptar la aplicación del método AMA para el cálculo del capital por riesgo operacional en una entidad financiera, exige que se demuestre que la metodología que aplican muestra coherencia mínima por un año en el cálculo del capital mínimo por riesgo operacional, con un intervalo de confianza del 99.9%.

A través del tiempo, los modelos que se han desarrollado en el sector bancario, para implementar el método AMA, se pueden clasificar dentro de uno los cuatros que se mencionan a continuación:

- **Distribución Agregada de Pérdidas (LDA):** es una técnica paramétrica que tiene como materia prima el histórico de pérdidas internas de las entidades financieras. Emplea métodos actuariales en los que modelos matemáticos y estadísticos interactúan para el cálculo de los riesgos, en los que son necesarios tener la frecuencia de los eventos (la cantidad de veces que se materializa un riesgo en un determinado periodo de tiempo), junto con la severidad de estos (es el valor cuantitativo de pérdidas que se presenta tras la ocurrencia de cada uno de estos eventos).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El proceso de ejecución consiste en realizar las dos distribuciones de pérdidas que corresponden a los datos que se tienen tanto de frecuencia como de severidad respectivamente y analizar el modelo matemático que mejor las describe. A partir de esto se emplea el método de Montecarlo para unir la información de las dos y generar la distribución agregada de pérdidas por línea de negocio, para posteriormente juntarlas y calcular el percentil 99.9 (OpVar), con el cual se va a deducir el capital requerido por riesgo operacional de la entidad financiera, teniendo en cuenta la correlación que guardan los datos (Karam & Planchet, 2012).

- **Enfoque de medición interna (IMA):** para este enfoque cada entidad supervisora a nivel nacional debe imponer estándares cuantitativos y cualitativos para garantizar la calidad e integridad en la recolección de la información, junto con medidas de control interno que ayuden a mitigar la materialización futura de un riesgo.

Para su implementación se requiere establecer las líneas de negocio de la entidad financiera, junto con el tipo de pérdidas que a nivel de riesgo operacional se pueden presentar en cada una de éstas. Teniendo en cuenta la unión entre la línea de negocio y el tipo de pérdida se origina un Indicador de Exposición EI para cada combinación.

Con los datos internos de los bancos se establecen dos indicadores, uno de probabilidad de ocurrencia del tipo de evento PE y otro de su posible severidad LGE. Al multiplicar EI, PE y LGE, se encuentra la pérdida esperada EL en cada combinación de línea de negocio y tipo de pérdida.

El EL se debe multiplicar por un factor de escala γ , que es suministrado por el agente supervisor y varia para cada combinación de línea de negocio/tipo de pérdida. Igualmente se debe multiplicar por el índice de perfil de riesgo RPI⁷, el cual termina siendo un factor de ajuste entre las colas generada por la distribución de pérdidas del banco en particular, en comparación con la de la industria financiera en general.

Al multiplicar la pérdida esperada $EL \cdot RPI \cdot \gamma$, se encuentra la carga de capital por riesgo operacional (K), que se le debe dar a cada combinación línea de negocio/tipo de pérdida. Con el fin de obtener el total de la carga de capital K, se debe realizar una sumatoria de todas las K obtenidas por cada combinación (Karam & Planchet, 2012).

- **AMA basado en escenarios (sbAMA):** termina siendo un modelo que se basa en la respuesta a la pregunta ¿Qué pasa si...?, pues involucra el criterio de expertos los cuales deben indicar la cantidad de veces que se podría presentar un

⁷ Si la cola es muy gruesa a comparación de la de la industria, el RPI debe ser mayor a uno, pero por lo general es uno.

determinado evento en el futuro (frecuencia) y cuanta sería la pérdida que representaría para la entidad en caso de materializarse.

Para aplicarlo se necesita tener un muy buen desarrollo tanto a nivel tecnológico, como de métodos computacionales que tengan en cuenta la incertidumbre de los datos. Usualmente se implementa para el cálculo de escenarios, que como se mencionó anteriormente son riesgos externos, muy poco frecuentes, pero de alta severidad.

Normalmente se combina con los resultados obtenidos a partir de la aplicación del LDA a los datos internos, en la mayoría de los casos se emplea el método de la inferencia bayesiana para su combinación (Karam & Planchet, 2012).

- **Enfoque del tanteo (SCA):** normalmente se realiza una serie de preguntas con el fin de identificar los propulsores y los mecanismos de control del riesgo operacional, a través de estas se busca identificar el perfil de riesgo de la organización, para lograr este fin las respuestas a las preguntas deben calibrarse a partir de tres rangos “inaceptable”, “aceptable” y “líder en la práctica”.

A partir de esta clasificación se debe ponderar las respuestas, con las puntuaciones y la relevancia de los diferentes riesgos individuales para el banco en concreto y la línea de negocio que se está analizando.

El sector bancario ha establecido la siguiente ecuación, para poder calcular el capital por riesgo operacional empleando el método del tanteo:

$$K_{SCA} = EI_{ij} * \omega_{ij} * RS_{ij}$$

Ecuación 9: Ecuación para calcular el K_{SCA}

Donde K_{SCA} es el capital por riesgo operacional acorde al riesgo y la línea de negocio; EI es el indicador de exposición que se saca de la calibración de las respuestas y el contenido de estas mismas; RS es la relevancia del riesgo en esa línea de negocio, y ω es el factor escala.

1.3.2 Escenarios

- ¿Qué son?

El análisis de escenarios consiste en introducir dentro de la evaluación del riesgo operacional eventos que los expertos consideran que se pueden presentar con muy poca probabilidad, pero en el caso en el que se den generarían una gran cantidad de pérdida de dinero, que en muchos casos podría hacer desaparecer la empresa, v.gr. avalanchas, actos de terrorismo, entre otros.... El mayor problema al introducir el análisis de escenarios a la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

evaluación del riesgo operacional, es el gran componente subjetivo que manejan, lo que hace necesario que se busque una coherencia y homogeneidad a la hora de evaluar escenarios (Fernández-Laviada, 2008).

Entre los ejemplos más extremos de escenarios que se han presentado a través de la historia, se encuentran:

- A principios del 2008 Société Générale, uno de los principales bancos de Europa, anuncia una perdida superior a 7 billones de dólares debido a operaciones fraudulentas realizadas por uno de sus empleados, el cual sin necesidad de tener ningún permiso superior logro durante varios meses ingresar este dinero a diferentes cuentas ficticias. El empleado no era más que un operario, no tenía a su cargo personal, ni era un directivo, solo tenía un gran conocimiento del proceso y un muy buen manejo de las ciencias computacionales (Clark & Jolly, 2008).
- Finalizando el 2008 se destapa uno de los principales escándalos financieros de la historia, la pirámide liderada por el agente financiero Bernard Madoff, el cual desde los años 70's logro encubri la debido a la buena situación financiera de la época, que permitió que fueran pocos los clientes que reclamaban su dinero.  l les enseñaba a sus clientes unos estados financieros falsificados en los que se evidenciaba una gran ganancia, debido a esto pudo mantenerse en el negocio por más de 30 años y solo en el momento en que la economía se viene abajo tras la crisis económica de 2007-2008, es descubierto debido a que una cantidad considerable de sus clientes empiezan a pedir la devolución de su dinero. Robo alrededor de \$65 billones de dólares, acabando con los ahorros de fundaciones, fondos de retiro de la clase media-alta de Estados Unidos, Gran Bret a, Latinoamérica, entre otros países (Telegraph Reporters, 2017).
- A mediados del 2009 la Comisión de Valores y Cambio de los Estados Unidos tras ser criticada por su negligencia a la hora de investigar a Madoff, revela la segunda pirámide, después de la de Madoff, que más logro incautar dinero de sus ahorradores, alrededor de \$8 billones de dólares, liderada por el magnate texano Sir. Allen Stanford. En el papel él prometía a sus clientes unos rendimientos de dos dígitos o superiores, pero por la evidencia recauda tras las investigaciones, se logró comprobar que desde 1994 su empresa financiera no generaba ganancias que llegaran ni tan siquiera a un 10% (Pavlo, 2012).
- Sucesos más recientes como el terremoto del 19 de septiembre del 2017 en México (NoticiasTelevisa, 2017), o la ola de huracanes como el Katia, Irma o J se que azotaron a Estados Unidos, México y el Caribe entre agosto y septiembre del mismo año (Redacción Animal Político, 2017).

Todos estos eventos son escenarios, que en la gran mayoría de los casos pueden comprometer la viabilidad financiera y el futuro de la empresa, por lo que es necesario integrarlos de una forma adecuada al capital a asegurar por riesgo operacional, teniendo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

en cuenta su subjetividad, el azar unido a ellos y la poca cantidad de datos que se tienen (Luukka et al., 2018).

- **Problema al incorporar los escenarios en al emplear el método AMA**

Como se explicó anteriormente al aplicar el método AMA y elegir la Distribución Agregada de Pérdidas (LDA), se usa el método de Monte Carlo para unir la generación de datos con fundamento en las distribuciones de probabilidad seleccionadas para simular la frecuencia y la severidad, generando la distribución agregada de pérdidas y así sacar el OpVar.

Este método es uno de los más aplicados en el sector financiero, pero el inconveniente que tiene consiste en que normalmente funciona muy bien, desde que los datos sean poco subjetivos y se tenga una gran muestra poblacional como base de la simulación; situación que no sucede con la información inicial de los escenarios. Es que los datos de los escenarios son poco frecuentes pero tienen una gran severidad, lo que ocasiona la cola derecha de la distribución de probabilidad, causando cierta incertidumbre en la evaluación de la cantidad de capital necesario a la hora de asegurar el riesgo operacional (Fernández-Laviada, 2008).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA

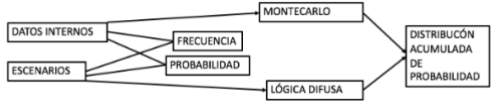
Tabla 4: Tipo de Estudio. Fuente: elaboración propia

ELEMENTOS DE QUE DETERMINAN EL ENFOQUE METODOLÓGICO	ETAPA PROTOCOLO	ENFOQUE CUANTITATIVO
Y: la cola derecha de la distribución agregada resultado de la evaluación del capital por riesgo operacional		Decisión= si se reduce la cola derecha
X: aplicar la lógica difusa a la información proveniente del análisis de escenarios		Fuzzy Logic
Tipo de estudio	1. Enfoque de la investigación	Cuantitativo
	2. Rol teoría investigación	Deductivo
	3. Marco Teórico	Método de medición avanzada de riesgo operacional, propuesto en Basilea II y III (Luukka et al., 2018, Anna S. Chernobai, Svetlozar T. Rachev, 2008, Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2017)
	4. Pregunta de investigación	¿Cómo aplicar la lógica difusa en el modelamiento de las fuentes de información provenientes del análisis de escenarios e integrar su resultado en la evaluación del capital necesario para asegurar el riesgo operacional?

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	5. Estrategia de investigación	Simulación,
	6. Unidad de análisis	Evento de un escenario
	7. Muestra	700 datos iniciales internos. Cada uno de los 5 eventos de los escenarios que se ingresan para modelarlos a partir de fuzzy logic, estos vienen de la opinión de expertos y sus estudios.
	8. Categorías o variables	La frecuencia y severidad de los datos internos. La frecuencia y severidad de los escenarios, en los cuales se tiene la severidad del escenario en el mejor de los casos y en el peor de los casos. La distribución agregada del riesgo operacional generada después del análisis de escenarios con lógica difusa
	9. Recolección de Datos	A partir de la opinión de expertos y sus estudios sobre eventos futuros que involucran entidades financieras. Los datos internos sobre una línea de negocio y la materialización del riesgo operacional asociado a esta de una cooperativa.
	10. Análisis de datos	Los datos se procesaron a partir de la generación de la distribución que mejor simulaba la frecuencia y la severidad de los datos internos para simularlos. Después se empleó el método de Montecarlo para procesar la severidad y frecuencia simulada y generar la distribución agregada de pérdidas con los datos internos, los escenarios incorporados de la manera

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		tradicional y con la lógica difusa los escenarios.
	11. Resultados	La distribución acumulada de riesgo operacional que se genera después de aplicar lógica difusa al análisis de escenarios e integrarlo a los resultados de los datos internos y externos y ver si la cola derecha se disminuye o comienza por debajo de uno. Todo esto en comparación con la distribución original sin escenarios y con la que integra los escenarios de la manera tradicional.
	12. Modelo gráfico	 <p><i>Figura 1. Modelo gráfico del plan de trabajo.</i> <i>Fuente: elaboración propia</i></p>
	13. Consideraciones éticas	Se firman carta de sesión de derechos patrimoniales a la universidad EIA.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS DE RIESGO OPERATIVO.

Como se explicó anteriormente los tipos de datos que se tienen en cuenta al calcular el capital por riesgo operacional con el método AMA son los datos internos, los datos externos y los escenarios.

De estos se evalúa la severidad que es la cantidad monetaria que pierde la entidad financiera cuando se materializa el evento, y la frecuencia que es la cantidad de veces que en determinado periodo de tiempo, en nuestro caso un año, se materializa el evento.

Los datos internos vienen del histórico de pérdidas por riesgo operacional que la entidad financiera tiene. Al aplicar el método AMA se aconseja tener como mínimo los datos de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

frecuencia y severidad de los eventos por riesgo operacional materializados en los últimos 3 años. En el presente trabajo solo se utilizan los datos de dos años.

Los datos externos, son riesgos operacionales que se han materializado en el sector financiero en bancos con situaciones similares, pero que no son eventos que hayan sucedido a nivel interno. De estos se necesita tanto la severidad como la frecuencia, pero normalmente no se tienen en mucha cantidad, ya que hacen parte de los datos internos, que por lo general son confidenciales de otros bancos. Estos no se utilizaron en esta ocasión.

Los escenarios son los eventos que pueden suceder en el futuro sea por desastres naturales, terrorismo o a consecuencia de la implementación de nuevos avances humanos que traen como consecuencia la posible materialización de nuevos riesgos. Los escenarios normalmente se generan a partir de la opinión de los expertos, los cuales con los conocimientos que tienen del entorno, definen en cuanto tiempo se puede presentar, y cuanto sería la pérdida -severidad- en el mejor de los casos y en el peor de los casos. En el presente trabajo se utilizan 5 escenarios, con el fin de analizar como afectan estos la distribución agregada de pérdidas, integrándolos a ésta de la manera tradicional y después de emplear la lógica difusa.

2.2 MOTECARLOS PARA RIESGO OPERATIVO

Se toman los eventos por riesgo operacional que se han presentado a nivel interno, extrayendo la frecuencia y severidad de estos.

A la frecuencia se le saca la media anual y el promedio de los eventos. Siguiendo una distribución de Poisson, que por lo general es la que se acopla a la tendencia que muestran los datos históricamente, se generan aleatoriamente la cantidad de eventos correspondientes a la media de la frecuencia anual por cada iteración.

Con la severidad se generan datos aleatorios siguiendo una distribución empírica, puesto que es la que más se acerca a la tendencia que estos muestran. La cantidad de datos que se generan es equivalente a la cantidad de eventos que se crearon anteriormente.

Se realiza una multiplicación entre los eventos y su correspondiente severidad por iteración, esto se suma y cada total corresponde a una iteración. Al terminar las iteraciones de cada corrida se genera un vector, cuyo tamaño es igual al número de iteraciones para la corrida. Lo aconsejable es que se den como mínimo 100 iteraciones.

Con esto se generan los percentiles necesarios para realizar la distribución acumulada de probabilidad. Para generar el OpVar, se deben colocar los datos en orden de menor a mayor y dependiendo del número de iteraciones que se tenga, se genera éste. En el caso de que se tengan 100 iteraciones solo puede ser igual a 95 o 99 -sería el valor que se encuentra en este lugar-, pero si se tienen 1000 puede ser igual a 99.9 y 10000 a 99.99.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En el presente documento, el OpVar corresponde al valor 999, que en sí sería del 99.9, pues solo se hicieron 1000 iteraciones.

2.3 ESCENARIOS

Para incorporar los escenarios en la actualidad realizan un proceso similar, pero normalizando la frecuencia de estos, en función del evento que presente la mayor frecuencia.

Así mismo se tienen dos severidades la más probable y la del peor escenario. La simulación de la más probable se integra con la multiplicación de su frecuencia al percentil 50 de la distribución acumulada de probabilidad y el peor escenario se incorpora al OpVar seleccionado para la simulación, que en el caso de que se tengan 100 iteraciones solo puede ser igual a 95 o 99, pero si se tienen 1000 puede ser igual a 99.9 y 10000 a 99.99.

Para integrar los escenarios en el presente proyecto, se normalizó la frecuencia teniendo como unidad base la mayor de estas, puesto que con los escenarios que se tienen, la frecuencia expresa en cuantos años se puede presentar cada uno.

Las severidades se organizaron de menor a mayor acorde a la severidad que representa el mejor escenario. Cuando la severidad que representa el peor escenario es mayor a la del mejor escenario que le sigue, se presenta solapamiento, por lo que se analiza el nivel de intercepción, a partir de la construcción de una matriz R triangular. La matriz es necesaria con el fin de crear para cada conjunto de severidades por escenarios, una frecuencia normalizada acumulativa.

Con la frecuencia normalizada acumulativa, ya se pueden integrar los escenarios a los datos internos, pero simulando una cantidad total de datos, que sean iguales al total de datos históricos que se tienen. Siguiendo este procedimiento, los datos quedaron de la siguiente manera:

Tabla 5: Escenarios que se tuvieron en cuenta. Fuente: elaboración propia.

Escenario	Frecuencia	Severidad A	Severidad B	Frecuencia Normalizada	Frecuencia Normalizada Acumulativa
1	25	5	10	2.48	2
2	20	6	12	3.1	5
3	4	9	20	15.5	18
4	10	17.5	20	6.2	10

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

5	62	20	30	1	1
---	----	----	----	---	---

2.4 LÓGICA DIFUSA

La lógica difusa o *fuzzy*, es una disciplina matemática a partir de la cual se puede tratar información subjetiva o imprecisa en la que se une en determinados conjuntos de entrada, los cuales varían entre la verdad absoluta y la falsedad total. Al aplicar ciertas reglas se produce valores de salida en los cuales se forman conjuntos de acuerdo a la combinación de las variables de entrada, con las reglas y variables de salida (Pérez, 2005).

La lógica difusa permite una mayor flexibilidad, es menos sensible a la imprecisión, adicionalmente facilita el trabajo en el modelamiento de problemas no lineales, como los que se presentan al simular y modelar los escenarios (Luukka et al., 2018).

Los conjuntos borrosos, que en sí son los conjuntos de salida que se ingresan al aplicar la lógica difusa, fueron introducidos al mundo matemático por Lofti A. Zadeh en 1965, en su artículo sobre conjuntos difusos. Por lo general cumplen las mismas reglas de los conjuntos tradicionales, aunque tienen cierta lógica que los hace diferentes (Armario, 1982).

Se caracterizan por presentar un nivel de pertenencia al conjunto, por lo tanto los elementos no necesariamente pertenecen en un 100% o no pertenecen totalmente al conjunto, como pasa con los conjuntos matemáticos tradicionales. Es así como por ejemplo una temperatura de 5°C puede pertenecer al conjunto de las temperaturas bajas en un 50%, una de 10°C en un 1% y una de 0°C en un 100%; todo esto dependiendo de los criterios de los expertos y de los objetivos para los que se esté realizando el conjunto.

Todas las funciones sirven para describir el grado de pertenencia de los elementos de un conjunto, pero las que más se utilizan en la realidad son: la función Gamma, la L (1-Gamma), Labda o triangular, PI o trapezoidal. Usualmente la Gamma y L se emplean para calificar valores lingüístico que se encuentran en los extremos v.gr. frío – calor; por su parte la trapezoidal y triangular se utilizan para analizar valores lingüísticos intermedios, por ejemplo atemperado (E. Mallo et al., 2014).

En este trabajo de grado, la función que se emplea para describir los datos de salida es la triangular, en la cual los valores de pertenencia se calculan teniendo en cuenta la ubicación del dato que se está analizando con respecto a los valores extremos e intermedio de la función, de manera que la función puede quedar de la siguiente manera:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

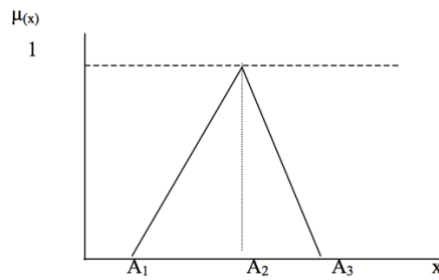


Ilustración 1: Gráfica de la función Triangular. Fuente: E. Mallo et al., 2014

Las ecuaciones que se emplean para identificar el grado de pertenencia son las siguientes:

$$X < A_1 = 0$$

$$A_1 \leq X \leq A_2 = (X - A_1) / (A_2 - A_1)$$

$$A_2 \leq X \leq A_3 = (A_3 - X) / (A_3 - A_2)$$

$$X > A_3 = 0$$

2.5 ESCENARIOS CON LÓGICA DIFUSA

En el presente proyecto, se emplea el programa de Fuzzy Logic de MatLab para estudiar los escenarios, introduciendo los siguientes datos:

- Como datos de entrada se genera una línea recta que va de cero a uno.
- Los datos de salida son los valores la frecuencia normalizada multiplicada por la severidad del mejor escenario, el peor escenario. Adicionalmente se integra el escenario intermedio, el cual se obtiene al sumar el peor y el mejor escenario ya multiplicados por la frecuencia y dividirlo por dos. Los datos de salida se entran como una distribución triangular.
- Las reglas de unión, que en este caso solo tenían el objetivo de ir de los datos de entrada a los de salida.

Después de ingresar estos datos, se miraron cuántos escenarios se interceptaban, de estos se sacaron los centroides y se adicionaron a los datos de entrada, con una frecuencia de uno, como si fueran datos internos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. RESULTADOS

Se tomaron 701 días transacciones de una línea de negocio en una cooperativa financiera durante los años de 2009 y 2010, de estos se tenía la fecha, número de transacciones, monto total transado, cantidad de transacciones fallidas (frecuencia), monto perdido a causa de las fallas transaccionales (severidad),

Los datos de frecuencia y severidad se graficaron, con el fin de analizar la tendencia que seguían y encontrar la distribución de probabilidad que más se aproximaba a describirlos, que en este caso fue la distribución de poisson para la frecuencia y la empírica para la severidad.

Para cada iteración se generaron aleatoriamente un número de eventos de riesgo operacional, que son equivalentes a la media de la frecuencia anual de los datos base. Estos eventos se originaron a partir de la distribución de Poisson, la cual tenía como lambda el promedio de los eventos por riesgo operacional extraído de los datos.

Se generaron datos aleatorios con la severidad siguiendo una distribución empírica. El número de datos que se crearon es equivalente a la cantidad de eventos que se generaron anteriormente. Se realiza una multiplicación entre los eventos y su correspondiente severidad por iteración, esto se suma y cada total corresponde a una iteración.

Al terminar las iteraciones de cada corrida se generó un vector cuyo tamaño es igual al número de iteraciones para la corrida, se realizaron 1000 iteraciones.

El OpVar, que es en sí es el dato 999 que se da cuando se ordena de menor a mayor los 1000 datos y es equivalente al percentil 99.9 fue de alrededor de 4,670 millones de pesos, ya que en cada corrida varia puesto que los datos son aleatorios. La distribución agregada de perdidas LDA teniendo en cuenta solo los datos internos es la siguiente:

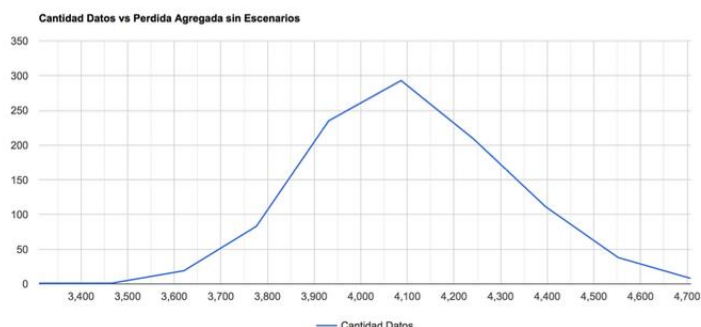


Ilustración 2: LDA de datos internos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se tuvieron en cuenta los 5 escenarios que se mencionan en la Tabla 5: Escenarios que se tuvieron en cuenta. Fuente: elaboración propia. se normalizo la frecuencia teniendo como unidad base la mayor de estas, puesto que con los escenarios que se tiene la frecuencia expresa en cuantos años se puede presentar éste.

Las severidades se organizaron de menor a mayor acorde a la severidad A, que representa el mejor escenario. Cuando la severidad B, que representa el peor escenario fue mayor a la A que le sigue, se presenta solapamiento, por lo que se analiza el nivel de intercepción, a partir de la construcción de una matriz R triangular. La matriz fue necesaria con el fin de crear para cada conjunto de severidades por escenarios, una frecuencia normalizada acumulativa.

Se simularon una cantidad total de 701 datos, con el fin de integrar los escenarios a los datos internos.

Después de este proceso para obtener las 1000 iteraciones, se realizó el mismo procedimiento que en los datos internos para obtener el OpVar y la LDA, pero teniendo como base, para la frecuencia y la severidad, los 701 que se simularon.

El OpVar en promedio fue de 11.383 millones, que en si es dos veces mayor que el obtenido con los datos internos.

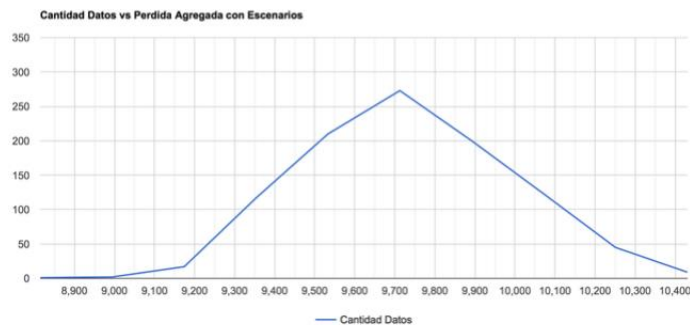


Ilustración 3: LDA con Escenarios.

Para implementar la lógica difusa, se empleó el programa de Fuzzy Logic de MatLab, los datos se introdujeron de la siguiente manera:

- Como datos de entrada se generó una línea recta que va de cero a uno.
- Los datos de salida fueron los valores la frecuencia normalizada multiplicada por la severidad A, como valor extremo inferior y la frecuencia normalizada multiplicada por la severidad B, como valor extremo superior. Para generar el valor intermedio, se sumaron los valores extremos y se dividieron por dos. Con todo lo anterior se ingresaron los datos como una distribución triangular.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Las reglas de unión solo tenían el objetivo de ir de los datos de entrada a los de salida.

Después de ingresar estos datos, se miraron cuántos escenarios se interceptaban, que en este caso 3 se interceptaban y los otros dos no se interceptaban. De estos se sacaron los centroides, tanto de los que se interceptaban como de los que no y se adicionaron a los datos de entrada, con una frecuencia de uno, como si fueran datos internos.

Ya con estos datos, se empleó el mismo procedimiento para generar la LDA y el OpVar que se utilizó con los datos internos. El OpVar fue de 43,545 millones, que en si es 9 veces mayor que el que se generó con los datos internos y 3 veces mayor que el que se originó con los escenarios integrados de la manera tradicional. El LDA fue el siguiente:

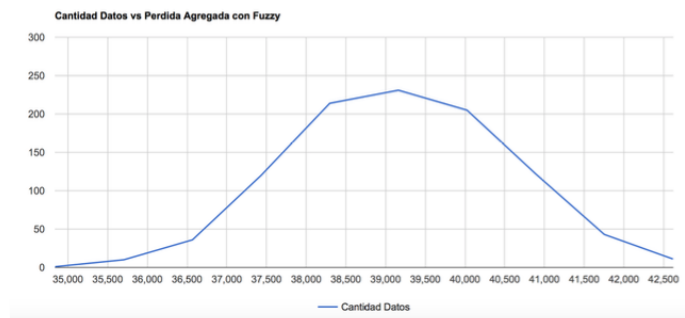


Ilustración 4: LDA con los Escenarios con Fuzzy

Tabla 6: Resultado del OpVar con los tres métodos estudiados.

OpVar con Método de Montecarlo	OpVar con Método tradicional de integración de Escenarios	OpVar con Fuzzy Logic
4,670.8057785819	11,383.2	43,545.918971469

Tabla 7: Producto final. Fuente: elaboración propia

PRODUCTO ESPERADO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES (indique si se logró o no su cumplimiento y por qué)	ENTREGABLE

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La cola derecha de la distribución de pérdidas generada para calcular el requerimiento de capital por riesgo operacional se redujera o fuera muy cercana a 0, al analizar los escenarios con lógica difusa.	La cola derecha efectivamente se redujo notablemente, tal como se evidencia en las gráficas del anexo uno.	Aunque si se logró el objetivo de reducir la cola derecha de la distribución, el capital por riesgo operacional requerido es cuatro veces mayor que al integrar los escenarios mediante el método tradicional.	Gráficas del anexo uno y código fuente del programa diseñado.
---	--	--	---

El lenguaje de programación empleado -PHP-, no es el más adecuado a la hora de realizar análisis matemáticos, no tiene muchas funciones estadísticas implementadas por lo que gran parte es necesario realizarla manualmente. MatLab que es el software seleccionado para realizar el proceso de fuzzificación, no se logró ejecutar automáticamente desde PHP, por lo que fue necesario integrar los dos resultados manualmente.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al estudiar los escenarios con lógica difusa e integrándolos a la simulación de Montecarlo a través de la cual se genera la distribución agregada de pérdidas, se logra disminuir la cola derecha de la distribución.
- El OpVar a partir del cual se calcula el requerimiento de capital por riesgo operacional, se incrementa según los escenarios que se adicione, al integrar los escenarios con lógica difusa, en comparación a si se integran con el método tradicional.
- Es posible que, si se generan diferentes reglas que tengan en cuenta la importancia del escenario y el grado de experticia de la persona que lo diseñó, se puedan lograr mejores resultados.
- Si se estudia mejor la manera de integrar programas especializados de MatLab con PHP, se puede lograr automatizar gran parte del código.
- Realizar el mismo proyecto con otro lenguaje de programación como R, podría facilitar el manejo de los datos, y la realización y mejora de ciertas operaciones.

REFERENCIAS

- Anna S. Chernobai, Svetlozar T. Rachev, F. J. F. (2008). *Operational Risk: A Guide to Basel II Capital Requirements, Models, and Analysis* (John Wiley).
- Arai, T. (2006). Key points of scenario analysis. *Key Points of Scenario Analysis, Financial*(Bank of Japan).
- Arbeláez, J. C., Franco, L. C., Betancur, C., Murillo, J. G., Gallego, P. A., Henao, V. M., ... Varela, D. C. (2006). Riesgo operacional: reto actual de las entidades financieras. *Revista de Ingeniería Universidad de Medellín*, 5(ISSN 1692-3324), 97–110. <https://doi.org/10.1692-3324>
- Armario, E. M. (1982). La teoria de los conjuntos borrosos y la toma de decisiones. 38 Y 39, XI, 405–430.
- Bank for International Settlements. (2017). *Reformas del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea*. Retrieved from http://www.bis.org/bcbs/basel3/b3summarytable_es.pdf
- Cihak, M. (2004). *Designing Stress Tests for the Czech Banking System*. Praga-República Checa.
- Clark, N., & Jolly, D. (2008). Société Générale loses \$7 billion in trading fraud. *The New York Times*. Retrieved from <http://www.nytimes.com/2008/01/24/business/worldbusiness/24iht-socgen.5.9486501.html>
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. (2006). *Convergencia internacional de medidas y normas de capital*.
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. (2017). *Basilea III: Finalización de las reformas poscrisis*.
- Cope, E. W. (2012). Combining scenario analysis with loss data in operational risk quantification. *The Journal of Operational Risk*, 7(1), 39.
- de Jongh, R., De Wet, T., Raubenheimer, H., & Venter, J. H. (2015). Combining scenario and historical data in the loss distribution approach: a new procedure that incorporates measures of agreement between scenarios and historical data. *Journal of Operational Risk*, 10(1), 32.
- Dutta, K. K., & Babbel, D. F. (2014). Scenario analysis in the measurement of operational risk capital: a change of measure approach. *Journal of Risk and Insurance*, 81(2), 303–334.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Dutta, K., & Perry, J. (2006). A tale of tails: an empirical analysis of loss distribution models for estimating operational risk capital. *Research Review*, Jul-Dec(6), 11–14.
- E. Mallo, D. P., María A. Artola, C., Mónica VGarcía, C., Martínez, L., JGalante, L., EPascual, L., & Morettini, S. (2014). *La Distribución Triangular Y Los Números Borrosos Triangulares*. Retrieved from <http://nulan.mdp.edu.ar/897/1/00178.pdf>
- Fernández-Laviada, A. (2008). *LA GESTIÓN DEL RIESGO OPERACIONAL: De la teoría a la aplicación*. Ediciones 2010. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=2hlguAAACAAJ>
- Karam, E., & Planchet, F. (2012). Operational risks in financial sectors. *Advances in Decision Sciences*, 2012(May 1996), 1–53. <https://doi.org/10.1155/2012/385387>
- Kühn, Reimer ;Neu, P. (2004). Adequate Capital and Stress Testing for Operational Risks. *Operational Risk Modeling and Analysis, Risk Publi*(London), 273–289.
- Luukka, P., Collan, M., Tam, F., & Lawryshyn, Y. (2018). Soft Computing Applications for Group Decision-making and Consensus Modeling, 357, 227–236. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60207-3>
- NoticiasTelevisa. (2017, September 26). Ficha técnica del sismo del 19 de septiembre de 2017 en México.
- Pavlo, W. (2012, June 14). Allen Stanford Sentenced to 110 Years in Prison. *Forbes*.
- Pérez, P. R. (2005). *Conceptos Fundamentales de Lógica Difusa*. Universitat Politècnica de Catalunya, España. <https://doi.org/803717009>
- Portafolio. (2017, February 22). Una mirada profunda a los resultados del PIB en 2016. *Portafolio*. Retrieved from <http://www.portafolio.co/economia/comportamiento-del-pib-en-colombia-2016-503584#>
- Redacción Animal Político. (2017, September 6). Katia, Irma y José: los tres huracanes que amenazan a México, EU y el Caribe. *Animal Político*.
- Rippel, M., & Teplý, P. (2011). Operational Risk - Scenario Analysis. *Prague Economic Papers*, 20(1), 23–39. <https://doi.org/10.18267/j.pep.385>
- Rosengren, E. (2006). Scenario analysis and the AMA. *Federal Reserve Bank of Boston*.
- Telegraph Reporters. (2017, May 16). Bernard Madoff: How did he get away with it for so long? *Telegraph*.
- Teplý, P. (2010). *The Truth about the 2008–2009 Crisis: A Hard Lesson for The Global Markets* (Saarbrück). Saarbrücken.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.